基于专利数据的技术融合研究综述*

吕璐成[1,2] 赵亚娟[1,2]
[1] 中国科学院文献情报中心 北京 100190 [2] 中国科学院大学经济与管理学院图书情报与档案管理系 北京 100190

摘 要：[目的/意义]基于专利数据开展技术融合研究是技术融合研究的主要方式和热点方向，面向为技术融合后续研究工作开展提供参考和启发的目标，对国内外基于专利数据的技术融合研究现状进行较为全面的综述。[方法/过程]将已有研究按研究内容划分为技术融合测度及预测方法研究、特定领域/多领域间/全领域的技术融合态势测度及趋势预测、技术融合的测度指标研究、影响技术融合的特征因素研究、基于技术融合视角进行技术机会发现以及技术融合与创新的关系研究六类，并对各类别取得的研究成果进行评述。[结果/结论]基于专利数据开展技术融合研究已经取得一定的成果，但是仍旧存在测度依据不合理、预测方法缺乏验证、全领域研究关注度低的问题，这些问题可通过引入语义关系优化技术融合网络、采用图神经网络技术改进技术融合预测方法、完善全领域技术融合测度和预测方法来解决。

关键词：技术融合 技术会聚 专利数据 技术创新 融合测度指标
分类号：G250.25
DOI：10.13266/j.issn.0252-3116.2021.06.015

1 引言

当前，日趋复杂化的社会经济和技术问题需要整合不同学科的技术知识来解决。在跨学科的技术知识不断溢出和融合的背景下，技术融合的现象日益常态化，不断推动着新技术的涌现和突破。

一般认为，技术融合的概念是由 N. Rosenberg 在1963年首先提出，他在对美国机械设备行业变革的研究中提出了一种“Technological Convergence”的社会现象[1]。在经过多年的发展之后，已经演变形成了一系列新概念，如技术会聚、技术交叉、技术集成等[2-5]，但是学术界在实际开展研究时，并未对这些概念进行严格区分，因此在本文中将上述概念共同视为“技术融合”。

在技术融合现象愈发显著，受重视程度持续提升的时代背景下，针对技术融合现象开展研究，从而揭示技术融合过程并预判融合趋势具有重要意义。在宏观决策支持层面，意义体现在：①有助于从融合的视角理解创新过程，并指引现有技术突破和多技术融合，促进技术创新；②有助于复杂问题求解，尽管当前知识和技术已经足够多样化和专业化，但是新产生的复杂社会经济和技术问题需要融合多种技术来解决；③为国家/区域/产业园区进行技术布局提供指引，合理搭配配套技术；④支撑技术预测，理解技术融合过程能够为新兴技术、共性技术、颠覆性技术识别的早期预判提供依据[6]。在微观创新指引层面，意义体现在：①有助于企业前瞻布局，通过提早发现融合迹象，使其在早期能组建战略联盟或者获取新技术，尤其为巨头企业引进新技术、实现技术变革提供参考，尽力破解“创新者的窘境”[7]；②有助于企业提升竞争力，促使很多企业采用传统知识框架之外的知识和技术，从而提升竞争力；③有助于企业发现技术机会，通过合作寻求共赢。鉴于此，学术界对于技术融合的研究不断开展。在此背景下，对现有技术融合研究进行综述将对启发技术融合相关研究工作的进一步开展具有重要意义。

当前，技术融合研究开展的思路在采用数据角度可以划分为：基于论文数据[8]、基于专利数据、基于标准数据[9]、基于 Wikipedia 百科数据[10]。从研究成果

* 本文系中国科学院战略研究专项“支撑我国重点产业发展的基础研究布局与关键技术储备研究”(项目编号：GHJ-ZLZX-2020-31-5)研究成果之一。
作者简介：吕璐成(ORCID：0000-0002-2318-1073)，助理研究员，博士研究生；赵亚娟(ORCID：0000-0003-3501-8131)，研究员，博士，博士生导师，通讯作者，E-mail：zhaoyj@mail.las.ac.cn。
收稿日期：2020-09-10 修回日期：2020-12-21 本文起止页码：138-148 本文责任编辑：杜杏叶

数量看,基于专利数据研究技术融合是当前的主流研究方向,所以本文对基于专利数据的技术融合研究进展进行了跟踪。本文从中国知网和 Web of Science 数据库分别获取中外文论文(检索策略见表 1),剔除部分单纯分析融合技术的噪声文章,如“疲劳驾驶状态数据融合技术研究”“智能汽车多传感器融合技术专利分析”后,进行研读归纳,形成进展综述。

表 1　综述文献检索策略

类型	数据库	检索式	结果	去噪遴选结果	检索时间
中文	中国知网	TI =(‘技术融合’ + ‘融合技术’ + ‘会聚技术’ + ‘技术会聚’ + ‘交叉技术’ + ‘技术交叉’ + ‘会聚指数’ + ‘会聚趋势’) AND (AB =(专利 + IPC) or TI =(专利 + IPC) or KY =(专利 + IPC)) NOT TI =(技术交叉许可)	70 篇	50 篇	2020 年 5 月 4 日
外文	Web of Science	TI =((technolog * and converg *) or (technolog * and fusion)) and TS =(patent or IPC)	83 篇	51 篇	2020 年 5 月 6 日

2　已有研究分类综述

通过人工解读检索结果文献,本文将结果集中除 1 篇综述文献外的其余 100 篇文献按照研究内容的类型进行了分类,共分为 6 类,分别是:技术融合测度及预测方法研究,特定领域/多领域间/全领域的技术融合态势测度及趋势预测,技术融合的测度指标研究,影响技术融合的特征因素研究,基于技术融合视角进行技术机会发现(识别新兴技术或前沿技术),技术融合与创新的关系研究,具体对应的中外文研究数量见图 1。可以看出技术融合测度及预测方法研究是基于专利数据的技术融合研究的主要研究类型,共有 30 篇;其次是特定领域/多领域间/全领域的技术融合态势测度及趋势预测和技术融合与创新的关系研究,分别是 19 篇和 17 篇;同时可以看出中外文的研究数量差别不大;基于技术融合视角进行技术机会发现(识别新兴技术或前沿技术)相对而言研究数量最少,共有 8 篇。以下针对各类别分别论述。

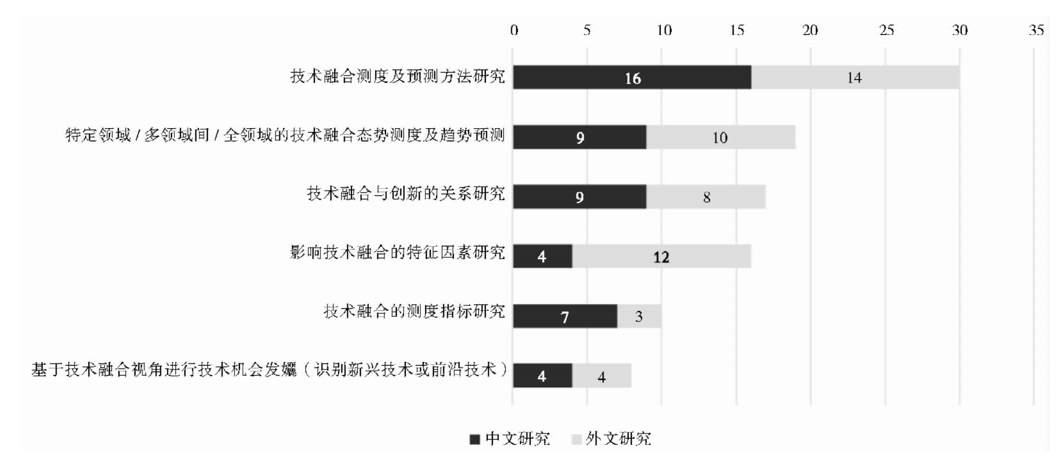


图 1　六类研究内容对应的中外文研究数量分布

2.1　技术融合测度及预测方法研究

融合测度及预测方法研究是已有研究的主要研究类型。对相关研究内容进行归纳总结发现,当前基于专利数据的技术融合方法研究或应用主要面向的问题包括:技术的表示问题、技术融合关系的构建问题、技术融合程度的测度及重要融合关系的识别抽取问题、技术融合的动态分析问题、技术融合的未来趋势预判问题。

2.1.1　技术表示方法

技术是解决问题的方法及方法原理,是一种相对抽象的存在。为了能够量化计算技术,有效表示技术是不可避免的问题。当前基于专利数据的技术融合研究中对于技术的表示方法可以分为关键词簇、技术主题、语义锚点和技术分类四种,见表 2。

采用关键词簇表示技术方面,栾春娟[11]认为具有耦合关系的施引专利代表着融合技术,通过分析施引专利的关键词簇确定融合技术。采用技术主题表示技术方面,B. Song[12]采用 LDA 主题模型识别安全领域的技术主题,然后基于关键词共现关系聚类分析技术融合趋势。采用语义锚点表示技术方面,K. Eilers[13]提出采用定义语义锚点(semantic anchor points)的方式研究技术融合,通过计算特定领域的专利与其它领域的语义锚点之间的语义相似度来判断技术融合的情况,并以 UV-LED 技术为例进行验证识别技术融合情

表 2 技术表示方法及内涵

技术表示	内涵	代表学者	存在问题
关键词簇	用能够表征技术内涵的关键词集合表示技术	栾春娟[11]	易操作,但是噪声多,技术表示不够聚焦
技术主题	基于 LDA 主题模型识别专利技术主题,然后通过专家为技术命名以此表示技术	B. Song[12]	主题命名依赖专家
语义锚点	为特定技术领域定义语义锚点,通过计算专利与领域语义锚点之间的语义相似度来判断技术融合的情况,本质上也是关键词簇	K. Eilers[13]	相似度阈值选择需要多次验证
技术分类	采用人工分类体系(如人工定义类别或采用 IPC、MC、USPC 等通用分类)的类别表示技术,这种技术表示方式最为常用	Y. J. Geum[14], P. R. Kim[15], 王贤文[16]	表示技术粒度粗
	基于技术映射表(如 ISI-OST-INPI 映射表),将已有分类体系映射到技术领域分类体系,用技术领域的类别名称表示技术	J. Y. Choi[17], 李丫丫[18]	表示技术粒度粗
	采用机器学习、深度学习等自动分类技术对专利分类,通过类别名称表示技术	董放[19]	可按需自定义,但是需要构建训练数据

况并判断融合类型(one-way 技术会聚和 two-way 技术融合)。采用技术分类表示主题方面,采用人工分类体系开展的研究数量很多,如 J. Y. Geum[14] 基于 USPC 分类表示技术,P. R. Kim[15] 采用 IPC 分类表示技术,王贤文[16] 采用 MC 分类表示技术;由于技术领域能够更好地解释技术融合的过程,因此采用基于技术映射表将已有分类体系映射到技术领域的方法也较为常用,例如 J. Y. Choi[17] 采用 WIPO 的《国际专利分类号与技术领域对照表》建立 IPC 分类与 ISI-OST-INPI 技术领域分类(下文称 ISI 分类)的关系,以 ISI 分类类别表示技术;为了更为细粒度、精准化的按需揭示融合技术,董放[19] 通过预定义机器人技术分类体系并构造训练数据集,采用 LDA-DNN 自动分类技术对专利数据进行分类,并用自动分类的类别名称表示技术。

总体来看,关键词簇、技术主题、语义锚点等方式能够细粒度地表示技术,但是存在指代含义不明确(需人工判读)、时序分析困难、噪声多、需要过多人工干扰等问题,适用于细分领域分析、从技术融合视角识别新技术等分析场景;而专利分类号是领域专家和专利审查专家的智力劳动成果,具有数据完备、概念范围相对明确、容易量化测度、支持时序分析等优势,但是存在表示粒度粗的问题,适用于宏观领域分析、技术融合历史轨迹跟踪等分析场景。

2.1.2 技术融合关系的构建

基于技术之间的相互关系构建技术网络是开展技术融合研究的基础。当前构建技术融合关系的三种方式为基于分类号共现关系、基于引证关系和基于语义关系。基于分类号共现关系构建技术融合关系具有分析对象明确、简便易操作的特点,是当前研究中极为普遍的方法,例如 Y. J. Geum[14]、P. R. Kim[15] 的研究成果;基于引证关系构建技术融合关系有助于动态分析技术融合过程,如 E. Kim[20] 将 1976 至 2012 年的印刷电子专利基于引证关系构建技术融合网络,并通过分析网络中心度等指标动态分析领域融合趋势;基于语义关系构建技术融合关系具有不受分类体系技术表示粒度粗以及引证时滞的影响的优点,如 F. Passing[21] 基于语义关系构建智能电网领域的技术融合关系,通过计算电网基础设施技术与风电机组可再生能源、电动汽车充电基础设施和高级量测体系三项技术的语义相似度来研究其技术融合的情况。

由于引证数据时滞和专利引文数据不全面等问题存在,采用基于引证关系开展研究的数量相对较少。专利分类号具有元数据完备、数据质量高等优势,因此基于专利分类号关系开展研究是当前的主流方法,但是由于专利分类号也存在粒度粗、无法反映新技术等问题[22],而语义挖掘技术能够在一定程度上弥补这种缺陷,因此从研究趋势看基于语义关系开展研究将在接下来的研究中更受关注。

2.1.3 融合程度测度以及重要融合关系的识别提取

基于技术融合关系便可构建技术融合网络,但是面对大规模复杂技术融合网络,如何测度技术融合程度以及识别提取重要融合关系也是备受关注的问题。表 3 展示了本文梳理的融合程度测度以及重要融合关系识别方法。

这些方法中,赫芬达尔指数法用于特定技术领域的融合程度测度,专利系数法、专利交叉影响法主要用于两两技术之间融合程度的测度,聚类分析和关联规则挖掘方法可以用于从技术融合关系网络中识别重要融合技术(类簇)或典型的融合关系,而社会网络分析方法和指标法用于识别技术融合关系网络中的典型节点、链接或判断技术融合网络的整体特征。

表 3　融合程度测度以及重要融合关系的识别提取方法梳理

方法名称	内涵	代表作者
赫芬达尔指数法	对于某项技术,融合专利占全部专利的比例,表示某项技术的融合程度	梁伟军[23]
专利系数法	包括技术正向融合系数、技术反向融合系数、技术相关系数的概念,表示两两技术之间的融合程度	单元媛[24],沈蕾[25]
专利交叉影响法	计算两两技术之间的影响力,将技术影响类型定义为双向影响、单向影响和无影响三类,并通过定义阈值确定技术之间的影响类型	秦立芳[26－28],宋博文[29]
聚类分析	基于技术融合网络对技术进行自动归类,进而识别典型突出类簇	栾春娟[30],冯科[31]
关联规则挖掘	采用支持度、置信度、提升度、兴趣度等指标,识别技术融合网络中的重要融合关系(技术对)	E. J. Han[32], 黄鲁成[33],苗红[34],周磊[35]
社会网络分析,包括中心性分析、凝聚子群分析、社区探测方法(Girvan-Newman、Louvain 算法)等	采用社会网络分析方法对技术融合网络中的节点和链路进行量化计算,识别重要融合节点和链路	E. Kim[36], 苏华[37], J. Jeon[38],慎金花[39]
指标法	通过定义一系列技术融合的测度指标,如熵、结合力等,计算识别典型融合技术对,具体在本文 2.3 部分展开论述	见本文 2.3 部分

2.1.4　技术融合的动态分析

技术融合是一个长期动态发展的过程,在各个阶段呈现不同的特征。动态分析该过程有助于清晰展示技术融合的路径和轨迹。

时间窗分析方法是揭示技术融合动态路径最为常用的方法,该方法的大致思路是按时间切片呈现技术融合趋势,基于引证关系(耦合、共被引关系)表示技术领域之间的技术流动方向。如 E. Kim[20] 基于引证关系分析印刷电子技术领域的动态融合趋势;张欣琦[40] 基于引证关系表示技术融合时间序列,最终通过划定时间窗分析特定 IPC 分类在网络中由技术吸收位置向技术扩散位置转变的趋势;C. Lee[41] 利用专利引用信息对于通信领域的技术融合轨迹进行分析,为分析领域知识流动提供证据。在时间窗分析的基础上,还有学者对时间窗所处的阶段进行划分,如李树刚[42] 将感知人工智能技术的时间窗进行了引入期、成长期、成熟期和衰退期四个阶段的划分,形成"融合趋势象限",更为直观地展示技术融合趋势。

2.1.5　技术融合的未来趋势预判问题

技术融合的未来趋势预判能够有效发挥技术融合研究的价值,近年来受到较多关注,目前采用的方法主要有链路预测、神经网络和时间序列预测方法,如表 4 所示:

表 4　技术融合的未来趋势预判研究方法梳理

方法名称	内涵	代表作者
链路预测	基于技术融合网络,采用链路预测方法预测技术融合趋势	W. S. Lee[45], Y. Park[44],O. Kwon[46]
神经网络	基于技术融合关系矩阵,采用神经网络方法预测技术融合趋势	J. Kim[43]
时间序列预测	基于技术融合关系时间序列,采用时间序列预测模型,如 ARIMA 模型,预测技术融合趋势	李树刚[42]

链路预测方面,J. Kim[43] 基于专利引证关系,提出采用 DSM(依赖结构矩阵)识别关键融合技术,采用神经网络方法预测技术融合趋势的方法,并以生物技术和信息技术的融合为例进行方法验证。神经网络预测方面,Y. Park[44] 基于专利引证关系构建知识流动网络,采用链路预测方法预测潜在引证关系,基于此进行技术融合趋势预测和技术机会发现。时间序列预测方面,李树刚[42] 基于技术融合关系时间序列,采用 ARIMA 时间序列预测模型(整合移动平均自回归模型)预测技术融合分散度趋势。

现有研究进行了技术融合趋势预测问题的探索,但是这些研究大部分仅采用一种机器学习模型实现链路的预测,这种研究效果难以判断,且特征依赖人为给定,目前研究主要采用网络结构特征,如采用链路预测中的 CN(Common Neighbors)指标、LP(Local Path)指标、SimRan(SR)指标、Jaccard 相似性、AA 指标、RA 指标、中介中心性等经典指标,这些指标主要依赖网络节点相似性来预测未来链接,未能考虑时间维度和节点特征等信息,这些问题需要在下一步的研究中进行解决处理。

2.2　特定领域/多领域间/全领域的技术融合态势测度及趋势预测

由于开展领域技术融合研究对于揭示领域发展态势、洞察技术机会具有重要价值,因此基于技术融合理论和方法进行特定领域、多领域间以及全领域的技术融合态势测度及趋势预测的研究也不断被开展。

特定领域融合研究方面,刘鑫[47] 基于专利 IPC 分类与 ISI 分类体系,采用共类分析方法分析 3D 打印产业的技术融合趋势。苏华[37] 采用共类分析和社会网络分析的方法分析了核科学与技术多元化应用的技术领域、区域分布、技术关联等。苗红[48－49] 针对老年可

穿戴技术分别从技术整体发展趋势和技术内部变化两方面展示各阶段的融合动态特征，还利用 Louvain 算法对技术融合网络中的关键技术节点和社区进行了探测。李树刚[42]利用 ISI 分类共现关系针对感知人工智能技术融合趋势分析。J. Choi[50]基于 ISI-SPRU-OST 映射表为汽车产业的专利划分技术领域并分析技术融合趋势。

多领域间融合研究方面，Y. J. Geum[14]采用引文分析和共类分析证明了信息技术和生物技术的融合，并研究了融合广度和强度。梁伟军[23]运用赫芬达尔指数法对我国农业与生物产业的技术融合进行研究发现，两产业处于低度融合阶段。栾春娟[30]运用专利计量与可视化手段对纳米和生物领域的技术融合进行测度与可视化分析。黄鲁成[33]采用关联规则挖掘的方法从信息与生物技术融合共类网络中抽取融合技术对。吕一博[51]针对物联网与人工智能领域的融合专利申请量、技术距离和技术融合度来判断技术融合的情况。冯科[31]针对电子信息、汽车、装备制造产业采用技术领域融合力分析指数和社群聚类分析方法进行技术融合动态演化路径的对比分析。

全领域融合研究方面，S. Jeong[52]基于韩国知识产权局 1996 年至 2010 年受理的专利数据对于技术融合阶段和范围进行了分析。W. S. Lee[45]基于 1955 – 2011 年布局的美日欧三方专利的共类关系采用“关联规则挖掘 + 链路预测 + 主题模型”的方法识别重要技术融合主题、预测融合趋势。O. Kwon[46]对 1976 年到 2014 年 USPTO 公开的所有专利涉及的所有技术构建技术融合网络，通过中心性和经纪人分析识别特殊技术节点，通过链路预测分析融合趋势。

整体来看，目前特定领域融合和多领域间的技术融合态势测度及趋势预测研究国内外均有学术成果产出，但是全领域融合的研究产出均来自国外的学者，在国内专利数据愈加可得可用的背景下，全领域融合的研究有待国内学者关注。

2.3 技术融合的测度指标研究

技术融合的测度指标是开展技术融合的必要工具。当前，少数研究中直接针对指标进行设计研究，如栾春娟提出技术部类内部会聚指数[53]、技术部类间会聚指数[54]两个指标来分别从微观和中观层面分析技术融合发展态势；J. Yun[55]提出采用波动性和连续性指标分析技术融合的动态趋势。大部分研究中是在开展特定技术融合研究中提出并应用相应指标，对此以下从整体网络测度指标、网络节点重要性指标、技术凝聚性与多样性测度指标三个方面分别归纳梳理。

2.3.1 整体网络测度指标

技术融合网络是开展技术融合程度测度和趋势预测的基础。其本质是一种复杂网络，因此复杂网络科学中的指标基本都能在技术融合网络的分析中应用。表 5 整理了现有研究中应用的技术融合整体网络测度指标。可以看出，这些指标基本是用于分析网络整体的特征，例如网络规模、网络关系数、网络平均度数中心度指标等。

表 5 技术融合网络整体测度指标

指标名称	内涵	应用目的	代表作者
网络规模	指网络中包含的全部节点的数目	网络规模越大，融合涉及的技术类别越多	娄岩[56]
网络关系数	是技术间发生共现的关系数量，即网络中的链路数量	该指标越大，意味着更多的技术对间发生了技术融合	娄岩[56]
网络平均度数中心度	是网络中各节点度数中心度的平均值，即平均每个节点直接连接的节点数量	该指标越大表明平均每个节点融合的范围越广，技术间发生融合的可能性越大	娄岩[56]
网络中心势	$C=\frac{\sum_{i=1}^{n}(C_{max}-C_i)}{\max\left[\sum_{i=1}^{n}(C_{max}-C_i)\right]}$ n 为网络节点数，C_{max} 是网络中节点中心度的最大值，Ci 是节点 i 的中心度值，C 为网络整体中心势	体现了网络中各节点度数中心度的差异大小，衡量了网络内资源集中程度	娄岩[56]，翟东升[57]
平均路径长度	指网络中任意两节点间能够达到彼此的最短路径的平均值	衡量了网络中节点间信息传递的效率，平均路径长度越短，技术间联系越容易，越易发生技术融合	娄岩[56]
连通性，也叫网络密度	技术网络中实际存在的连接占最大可能连接数的比例	测度网络链路连通性	宋昱晓[58]，娄岩[56]
包容性	技术网络中有连通性的技术占全部技术的比例	测度网络包容性	宋昱晓[58]，娄岩[59]

2.3.2 网络节点重要性测度指标

识别技术融合网络中的关键技术对于研究技术融合现象具有重要意义。在技术融合网络中，每个节点表示一个技术。因此识别关键技术的问题可以转变为节点重要性的测度问题。表 6 整理了节点重要性的测度指标。可以发现，这些指标主要从节点的中心性和突发性角度识别重要节点。

2.3.3 技术凝聚性与多样性测度指标

以上两类指标主要是用于分析技术融合网络的网络基本特征，而技术融合网络的核心特点在于“融合”，

表 6　技术融合网络节点重要性测度指标

指标名称	内涵	应用目的	代表作者
度中心性	度中心性、中介中心性、接近中心性中介中心性(Betweenness Centrality):经过某节点的最短路径的数量; 接近中心性(Closeness Centrality):节点到图中其它节点的最短距离都很小	识别重要或典型技术节点	E. Kim[20]
突发性	基于 Burst detection 算法计算的突发性值(Burstness)	识别突发技术节点	吕一博[51]
Sigma 值	Sima = $(centrality+1)^{burstness}$由中介中心性和突发值 2 个指标复合而成	识别典型技术节点	吕一博[51]
结构洞	网络限制度、网络有效规模	测度技术在融合过程中发挥技术连接作用的大小	苗红[48],翟东升[57]

如何刻画“融合”程度是测度技术融合的关键问题。现有研究中提出或应用的指标大多属于这个用途,本文将归纳为技术“凝聚性”与“多样性”测度指标(见表7),分别用于测度技术融合的强弱程度和广泛程度两类。其中技术凝聚性指标从专利角度可以理解为测度记载多种技术的专利文献的体量,例如“融合强度”“技术结合力”等指标;技术多样性指标从专利角度可以理解为融合技术相关专利所包含技术的体量,如“融合广度”“技术差异性指数”等指标。同时,学者还探索引入其他学科的指标对现有指标进行丰富和优化。例如引入用于分析市场竞争主体市场份额变化的赫芬达尔指数[23]来评价技术领域的集中度,从而反映技术凝聚性;引入生物学中用于评价生物多样性的香农－威纳指数、辛普森多样性指数等[18]等来评价技术领域的技术多样性。

可以发现,这些指标应用的前提还是需要对专利文献中承载的多种技术进行准确识别,通过对涉及多技术的专利数据的量化统计来分析技术之间的融合关系或者特定技术领域的融合程度。

2.4　影响技术融合的特征因素研究

影响技术融合的特征因素研究的主要目标是分析是何因素导致了技术发生融合或者与技术融合现象的发生存在关联关系,属于分析技术融合成因的研究内容。从目前的研究成果看,学者们研究得出的因素可以归纳为宏观环境因素和微观量化指标因素两类。

宏观环境因素方面,C. S. Curran[2]总结技术融合的驱动因素为:科学发现和技术发展(供给侧),用户需求变化(需求侧)和政治、法律与法规原因(中间位置);C. H. Song[66]进一步将其归纳为四个:技术发展、监管措施、客户喜好和社会变革。微观量化指标因素方面,主要是指研究专利定量指标(包括专利后向引用、非专利引用、发明人数量、IPC 子类数量、机构合作、机构类型、专利布局国家、技术领域规模及发明人团队规模等)与技术融合的关系,例如 F. Caviggioli[67]基于 EPO 在 1991 年到 2007 年间受理的专利证明了具有较低技术复杂性特征(用后向引用、非专利引用、发明人数量和 IPC 子类数量衡量)的技术更容易发生融合;K. Kim[68]以 ICT 行业为例证明了公司之间的合作关系对于技术融合的积极作用;J. Y. Choi[69]研究了机构类型(公共研究所、大学以及企业)对于技术融合的影响;宋昱晓[70]通过研究发现专利布局国家越少、技术吸收或扩散的速度越快、技术领域规模越大、具有引用关系的专利权人数量越多以及政府与企业之间的合作越强,越容易导致互补性技术融合;冯科[71]研究了申请人合作团队规模、发明人团队规模、技术领域中大学－企业合作团队、中国政府科技计划投入指标对于技术融合的影响力。

整体来看,宏观环境因素对于技术融合的影响已经被广泛接受,近期的研究更关注分析特定领域的量化指标与技术融合之间的潜在关系,以此形成相关决策建议。

2.5　基于技术融合视角进行技术机会发现(识别新兴技术或前沿技术)

技术融合能够催生新技术,对于提早发现技术机会具有重要价值。对此,相关研究围绕新技术的早期识别不断开展研究。

P. R. Kim[15]从融合的视角出发,通过定义技术“融合指数”“新兴指数”和“影响指数”来识别 ICT 领域的前沿新兴技术。Z. N. Wang[72]从术语持续性、新兴成长性和涉及社区数定义新兴指数来识别 3D 打印融合专利和非融合专利的新兴技术主题,并比较两者主题差异。S. Lee[73]针对医疗保健和物联网技术的融合现象,利用“共词分析 + Girvan-Newman 聚类 + 专家判读”的方法预测有前景的技术(Promising Technology)。周磊[74]认为涉及不同技术领域的专利为新兴技术载体,以光纤通信产业为例识别新兴技术。杜建等[75－77]提出从科学与技术交叉处识别创新前沿的思路,即基于高质量专利和高质量论文的引证关系构建技术网络然后通过聚类识别创新前沿技术。慎金花[39]提出通过计算“社群融合潜能” 和 “技术融合价

表7 技术节点凝聚性和多样性测度指标

指标类型	指标名称	内涵	应用目的	代表作者
凝聚性	融合强度	$CI_{ij}=\sum P_{ij}$ CI_{ij}表示技术i与技术j的融合强度,P_{ij}表示既涉及技术i又涉及技术j的专利数量	反映技术之间的融合强度	Y. J. Geum[14]
	技术融合度	技术融合度=融合专利数/专利总数	反映技术之间的融合强度	J. Y. Choi[17]苗红[60]
	赫芬达尔指数(技术集中度)	$HHI=\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{X_i^t}{X^t}\right)^2$ n代表技术领域的n项关键技术,X_i^t代表第t年技术i包含的专利数量,X^t代表第t年技术领域的专利总量	用于分析目标技术领域的技术集中情况,值越大表示领域技术集中度越低,融合程度越高	李树刚[42],苗红[48]
	技术结合力(吸引力)	$\text{Binging force}_i=\sum_{j=1}^{n}S_iS_jC_i^2/n$ S_i和S_j分别表示涉及技术i和j的专利数量,C_i是技术i在技术网络中的接近中心性,n表示技术融合网络中技术节点总数	用于评估目标技术对其它技术的吸引力	Y. Cho[61],刘娜[62],娄岩[56]
	技术关联度系数	$S_{ij}=\frac{\sum_{k=1}^{n}C_{ik}C_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{n}C_{ik}^2}\sqrt{\sum_{k=1}^{n}C_{jk}^2}}$ S_{ij}表示技术i与技术j之间的融合程度,k代表融合网络所包含的技术类别数量,C_{ik}、C_{jk}表示技术i、技术j与技术k的共现次数	通过计算两两技术之间的关联关系来反映之间的互补性	李丫丫[18],刘鑫[47],李树刚[42]
	Jaccard系数	$S(i,j)=\frac{coo(i,j)}{occ(i)+occ(j)-coo(i,j))}$ S(i,j)表示技术i和j的Jaccard系数,coo(i,j)代表i和j共现频次,ooc(i)和ooc(j)分别代表i和j出现的频次	表示技术之间的融合强度	C. J. Luan[63],娄岩[59],苗红[64]
多样性	融合广度	$CC_i=\sum_{j=1,j\neq i}^{n}V_j$ CC_i表示技术i的融合广度;V表示技术融合关系,取值为0或1,当技术i与技术j共现时取1,当不共现时取0;n是技术集合中的技术数量	反映某项技术的融合广度	Y. J. Geum[14],娄岩[56]
	技术差异性指数	$D_{ij}=1-S_{ij}$ S_{ij}即上文的技术关联度系数	反映技术差异性	娄岩[56]
	熵,也称香农-威纳指数、香农熵	$Entropy_i=-\sum_{j=1}^{n}P_{j\mid i}\log_2 P_{j\mid i}$ $P_{j\mid i}$表示既涉及技术i又涉及技术j的专利数量占涉及技术i的专利数量的比例	体现技术融合强度,熵指数衡量了目标技术与其它技术间的交互关系	Y. Cho[61],李丫丫[18]
	辛普森多样性指数、技术分散度系数	SimpsonIndex=1-HHI HHI即上文的赫芬达尔指数	用于反映领域多样性,数值越大,表示领域多样性越高	赵玉林[65],李树刚[42]

值”指标识别融合价值较高的弱关系来构建技术融合预测网络,并通过分析融合网络中网络子群的主题词来发掘技术机会。

可以发现,从技术融合视角识别技术机会、洞察新技术或前沿技术已经取得了一系列研究成果,可以在更多领域推广应用。

2.6 技术融合与创新的关系研究

技术融合的目标是激发创新,催生新技术,满足新需求,同时技术融合也是创新的结果之一。因此,度量技术融合与创新的关系也是受到关注的研究方向。

C. Lee[78]采用零膨胀负二项式回归模型研究了美国制药行业技术融合与创新的关系,证明了技术融合对创新的积极影响。K. Kim[79]以半导体、汽车、电信广播和医疗器械四大制造业的TOP30企业为研究对象,研究了技术融合能力对于企业创新活动的影响作用。廖磊[80]分析了IT企业技术创新动力和技术融合的动因,同时也分析了技术融合下IT企业技术创新的动力作用机理,还通过研究提出选择最优专利宽度来激励技术融合下的IT企业技术创新。毛荐其等[81,82]研究发现机构技术融合程度与其创新绩效呈倒U型关系。此外,刘娜[83]研究了专利价值(高被引)与技术融合的关系,证明了技术融合程度对技术价值产生显著的正向影响。

可以发现,已有研究初步证明了技术融合对于技术创新的积极影响,但是其内在机理仍旧有待细化研究,未来可选择特定技术融合场景进行案例研究,从而得到更有深度的研究结论。

3 总结及展望

通过以上对国内外相关研究的梳理和评述可以发现,基于专利数据开展技术融合的研究工作具有较高的研究可行性,目前无论是方法研究、指标研究还是应用研究都有学者开展了相关研究并取得了一定的成果。这些研究成果中,技术表示方法、融合程度测度及重要融合关系的识别提取方法、技术融合的动态分析方法、技术融合的测度指标等均可在今后的技术融合研究中应用,影响技术融合的特征因素研究、技术融合与创新的关系研究所形成的研究结论可以作为情报研究“资政”服务的素材和依据,基于技术融合视角进行技术机会发现的研究为开展新兴技术、前沿技术的识别提供新思路。总之,现有研究承载的方法和思路为后续研究的开展提供了重要的启示和参考。但是,现有研究中仍存在一些问题需要在未来的研究中进一步改进。具体归纳如下:

(1)单纯采用分类号共现频次作为融合程度测算依据的研究思路需要转变。现有研究将分类号共现频次视为技术融合程度的依据,未能考虑不同分类号共现(例如属于同一 IPC 部类的分类号共现跟不同 IPC 部类的分类号共现)用于反映技术融合可能存在融合程度不同的差异,该问题在当前的研究中并未予以考虑。考虑到专利分类号之间的语义关系能够反映分类号之间的相似和差异程度,因此本研究认为在未来的研究中可以考虑利用语义关系对共现关系进行修正,构建一套语义加权的技术融合网络,并对相关融合测度指标进行改进,将对技术融合研究的优化有所助益。

(2)技术融合趋势的预测方法有待改进优化。现有研究进行技术融合趋势预测存在依赖人工构建特征、缺乏结果验证以及未能考虑时间维度的问题。2018 年以来,图神经网络(GNN,Graph neural networks)技术作为一种结合深度学习和图数据挖掘的技术在诸多复杂网络分析问题中取得良好效果[84],持续受到复杂网络研究人员的关注,其具备的能够自动识别网络特征、能够兼顾时间维度的特点对于优化现有技术融合预测方法具有重要的参考价值。因此,在接下来的工作中,可以考虑在现有链路预测方法的基础上,引入图神经网络技术来自动识别技术融合网络的特征并综合时序特征进行技术融合预测方法的创新,并验证比对其余已有预测模型的效果,从而提出改进的技术融合趋势方法。

(3)全领域的技术融合测度研究值得国内学者关注。目前国内的领域技术融合测度研究均围绕特定领域和多领域间开展,尚未发现全领域的技术融合测度研究成果,在当今世界科技发展多点突破、交叉汇聚的总体趋势愈加清晰[85]的背景下,从宏观视角下测度技术融合态势、预测融合趋势,形成研究方法论,对于我国宏观决策和创新指引具有现实的指导意义。

综上,在接下来的工作中,笔者将围绕上述三点问题和设想,进一步进行方法创新研究,具体包括:引入语义关系优化技术融合网络,采用图神经网络技术改进技术融合预测方法,完善全领域技术融合测度和预测方法,为我国未来技术融合测度及预测实际工作的开展提供方法依据和理论支撑。

参考文献:

[1] ROSENBERG N. Technological change in the machine tool industry, 1840－1910[J]. The journal of economic history, 1963, 23(4): 414－443.

[2] CURRAN C S, BRÖRING S, LEKER J. Anticipating converging industries using publicly available data[J]. Technological forecasting & social change, 2010, 77(3):385－395.

[3] CURRAN C S, LEKER J. Patent indicators for monitoring convergence - examples from NFF and ICT[J]. Technological forecasting & social change, 2011, 78(2):256－273.

[4] 李姝影,方曙. 测度技术融合与趋势的数据分析方法研究进展[J]. 数据分析与知识发现,2017,1(7):2－12.

[5] 陈亮,张志强,尚玮姣. 技术融合研究进展分析[J]. 情报杂志,2013,32(10):99－105.

[6] 王媛,曾德明,陈静,等. 技术融合、技术动荡性与新产品开发绩效研究[J]. 科学学研究,2020,38(3):488－495.

[7] 克里斯坦森. 创新者的窘境:领先企业如何被新兴企业颠覆[M]. 胡建桥,译. 北京:中信出版集团,2020.

[8] KOSE T, SAKATA I. Identifying technology convergence in the field of robotics research[J]. Technological forecasting and social change, 2019, 146: 751－766.

[9] 刘康,刘西怀. 基于学科视角的技术融合度研究——以中国知网技术标准共类分析为例[J]. 科技管理研究,2017,37(24):33－38.

[10] KIM J, KIM S, LEE C. Anticipating technological convergence: Link prediction using Wikipedia hyperlinks[J]. Technovation, 2019, 79: 25－34.

[11] 栾春娟. 基于专利耦合分析的技术会聚测度方法研究——兼论中西医对全球制药技术发展的影响[J]. 技术与创新管理,2017,38(4):366－373.

[12] SONG B, SUH Y. Identifying convergence fields and technologies for industrial safety: LDA-based network analysis[J]. Technological forecasting and social change, 2019, 138: 115－126. 2019.

[13] EILERS K, FRISCHKORN J, EPPINGER E, et al. Patent-based semantic measurement of one-way and two-way technology conver-

gence: The case of ultraviolet light emitting diodes (UV-LEDs) [J]. Technological forecasting and social change, 2019, 140: 341 -353.
[14] GEUM Y J, KIM C H, LEE S J, et al. Technological convergence of IT and BT: evidence from patent analysis[J]. Etri journal, 2012, 34(3): 439-449.
[15] KIM P R, HWANG S H. A study on the identification of cutting-edge ICT-based converging technologies[J]. Etri journal, 2012, 34(4): 602-612.
[16] 王贤文, 徐申萌, 彭恋, 等. 基于专利共类分析的技术网络结构研究:1971~2010[J]. 情报学报, 2013, 32(2):198-205.
[17] CHOI J Y, JEONG S, KIM K. A study on diffusion pattern of technology convergence: patent analysis for Korea[J]. Sustainability, 2015, 7(9): 11546-11569.
[18] 李丫丫,赵玉林. 基于专利的技术融合分析方法及其应用[J]. 科学学研究,2016,34(2):203-211.
[19] 董放. 基于文本分析与深度学习的机器人融合技术领域识别研究[D]. 武汉:华中科技大学,2018.
[20] KIM E, CHO Y, KIM W. Dynamic patterns of technological convergence in printed electronics technologies: patent citation network [J]. Scientometrics, 2014, 98(2): 975-998.
[21] PASSING F, MOEHRLE M G. Measuring technological convergence in the field of smart grids: a semantic patent analysis approach using textual corpora of technologies[C]//IEEE. 2015 Portland international conference on management of engineering and technology. Portland:IEEE, 2015:559-570.
[22] LEE H. Research on the impact of technology taxonomy for the tracking of technology convergence[C]//IEEE. International conference on information and communication technology convergence. New York: IEEE, 2018: 1452-1456.
[23] 梁伟军,易法海. 农业与生物产业技术融合发展的实证研究——基于上市公司的授予专利分析[J]. 生态经济,2009(11):145-148.
[24] 单元媛,罗威. 产业融合对产业结构优化升级效应的实证研究——以电子信息业与制造业技术融合为例[J]. 企业经济,2013,32(8):49-56.
[25] 沈蕾,靳礼伟. 我国科技服务业与制造业技术融合对产业结构升级的影响[J]. 科技进步与对策,2015,32(8):67-70.
[26] 秦立芳. 基于专利交叉影响法的 NBI 会聚趋势研究[D]. 北京工业大学,2013.
[27] 苗红,秦立芳,黄鲁成,等. 基于专利交叉影响法的 NBIC 会聚趋势研究[J]. 科技进步与对策,2013,30(20):94-98.
[28] 苗红,黄鲁成. 基于专利交叉影响法的 NBI 会聚趋势分析[J]. 中国科技论坛,2014(1):134-139.
[29] 宋博文,栾春娟. 基于多元技术会聚的会聚影响力研究[J]. 科技进步与对策,2019,36(16):1-8.
[30] 栾春娟. "纳米-生物"会聚技术的测度及启示[J]. 科研管理, 2012,33(7):48-58.
[31] 冯科,曾德明,周昕. 技术融合的动态演化路径[J]. 科学学研究,2019,37(6):986-995.
[32] HAN E J, SOHN S Y. Technological convergence in standards for information and communication technologies[J]. Technological forecasting and social change, 2016, 106: 1-10.
[33] 黄鲁成,黄斌,吴菲菲,等. 基于专利共类的信息与生物技术融合趋势分析[J]. 情报杂志,2014,33(8):59-63.
[34] 苗红,张俊哲,黄鲁成,等. 基于关联规则与信息熵的技术融合趋势研究[J]. 科技进步与对策,2017,34(16):1-6.
[35] 周磊,杨威. 基于加权关联规则的技术融合探测[J]. 情报杂志, 2019,38(1):67-72,60.
[36] KIM E. Exploring technological convergence based on value proposition types of IT firms[C]//IEEE. 2013 Proceedings of technology management in the It-driven services. New York: IEEE, 2013: 1452-1459. 2013.
[37] 苏华,刘文君. 基于社会网络方法的核科学与技术融合路径研究[J]. 南华大学学报(社会科学版),2018,19(6):5-11.
[38] JEON J, SUH Y. Multiple patent network analysis for identifying safety technology convergence[J]. Data technologies and applications, 2019, 53(3): 269-285.
[39] 慎金花,闫倩倩,孙乔宣,等. 基于专利数据挖掘的技术融合识别与技术机会预测研究——以电动汽车产业为例[J]. 图书馆杂志,2019,38(10):95-106.
[40] 张欣琦. 基于专利扫描的技术融合创新轨道监测系统研究[D]. 北京:北京工业大学,2014.
[41] LEE C, KOGLER D F, LEE D. Capturing information on technology convergence, international collaboration, and knowledge flow from patent documents: a case of information and communication technology[J]. Information processing & management, 2019, 56 (4): 1576-1591.
[42] 李树刚,刘颖,郑玲玲. 基于专利挖掘的感知人工智能技术融合趋势分析[J]. 科技进步与对策,2019,36(23):28-35.
[43] KIM J, LEE S. Forecasting and identifying multi-technology convergence based on patent data: the case of IT and BT industries in 2020[J]. Scientometrics,2017,111(1):47-65.
[44] PARK Y, YOON B. Technological opportunity discovery for technological convergence based on the prediction of technology knowledge flow in a citation network[J]. Journal of informetrics,2018, 12:1199-1222.
[45] LEE W S, HAN E J, SOHN S Y. Predicting the pattern of technology convergence using big-data technology on large-scale triadic patents[J]. Technological forecasting and social change, 2015, 100: 317-329.
[46] KWON O, AN Y, KIM M, et al. Anticipating technology-driven industry convergence: evidence from large-scale patent analysis [J]. Technology analysis & strategic management, 2020, 32(4): 363-378.
[47] 刘鑫,武兰芬. 面向专利技术融合的3D打印产业化路径选择研究[J]. 科技进步与对策,2017,34(22):72-77.
[48] 苗红,赵润博,黄鲁成. 老年可穿戴技术融合演化特征研究[J].

情报杂志,2019,38(6):64－71.
[49] MIAO H, GUO X, WU F F, et al. Identification of the technology convergence in the field of elderly smart home based on louvain community discovery algorithm[C]//ACM. Proceedings of 3rd international conference on information system and data mining. New York: Assoc Computing Machinery, 2019:47－53.
[50] CHOI J, LEE S, SAWNG Y W. The dynamics of industry convergence in the automotive industry: a technological perspective analysis using patent data[J]. Journal of scientific & industrial research, 2019, 78(11): 760－765.
[51] 吕一博,韦明,林歌歌. 基于专利计量的技术融合研究:判定、现状与趋势——以物联网与人工智能领域为例[J]. 科学学与科学技术管理,2019,40(4):16－31.
[52] JEONG S, KIM J C, CHOI J Y. Technology convergence: What developmental stage are we in? [J]. Scientometrics, 2015, 104(3): 841－871.
[53] 栾春娟. 技术部类内部会聚指数的测度方法与指标[J]. 科技进步与对策,2015,32(19):126－129.
[54] 栾春娟,覃雪. 技术部类之间会聚指数测度的方法与指标[J]. 研究与发展管理,2016,28(3):67－78.
[55] YUN J, GEUM Y, CHOI J Y. Analysing the dynamics of technological convergence using a co-classification approach: a case of healthcare services[J]. Technology analysis & strategic management, 2019, 31(12): 1412－1429.
[56] 娄岩,杨嘉林,黄鲁成,等. 基于专利共类的技术融合分析框架研究——以老年福祉技术与信息技术的融合为例[J]. 现代情报,2019,39(9):41－53.
[57] 翟东升,张京先. 基于专利技术共现网络的无人驾驶汽车技术融合演化研究[J]. 情报杂志,2020,39(4):60－66,19.
[58] 宋昱晓. 基于专利的技术融合趋势研究[D]. 北京:北京工业大学,2017.
[59] 娄岩,杨培培,黄鲁成,等. 基于专利的技术融合测度方法——以信息技术与电动汽车技术的融合为例[J]. 现代情报,2017,37(8):142－153.
[60] 苗红,赵润博,黄鲁成,等. 基于 LMDI 分解模型的技术融合驱动因素研究[J]. 科技进步与对策,2019,36(3):11－18.
[61] CHO Y, KIM M. Entropy and gravity concepts as new methodological indexes to investigate technological convergence: patent network-based approach[J]. PLoS one, 2014, 9(6): 17.
[62] 刘娜,荣雪云,毛荐其. 技术会聚模式及辨识研究——以储能领域为例[J]. 情报杂志,2018,37(12):20－27.
[63] LUAN C J, LIU Z Y, WANG X W. Divergence and convergence: technology-relatedness evolution in solar energy industry[J]. Scientometrics, 2013, 97(2): 461－475.
[64] 苗红,赵润博,黄鲁成,等. 基于 LDA-SVM 分类算法的技术融合测度研究[J]. 科学学与科学技术管理,2018,39(10):13－29.
[65] 赵玉林,李丫丫. 技术融合、竞争协同与新兴产业绩效提升——基于全球生物芯片产业的实证研究[J]. 科研管理,2017,38(8):11－18.
[66] SONG C H, ELVERS D, LEKER J. Anticipation of converging technology areas - a refined approach for the identification of attractive fields of innovation[J]. Technological forecasting and social change, 2017, 116: 98－115.
[67] CAVIGGIOLI F. Technology fusion: identification and analysis of the drivers of technology convergence using patent data[J]. Technovation, 2016, 55－56: 22－32.
[68] KIM K. Impact of firms' cooperative innovation strategy on technological convergence performance: the case of Korea's ICT industry[J]. Sustainability, 2017, 9(9): 22.
[69] CHOI J Y, JEONG S, JUNG J K. Evolution of technology convergence networks in Korea: characteristics of temporal changes in R&D according to institution type[J]. Plos one, 2018, 13(2): 23.
[70] 宋昱晓,苗红. 基于专利的技术融合趋势的驱动因素研究[J]. 情报杂志,2017,36(12):98－105.
[71] 冯科,曾德明. 技术融合距离的聚类特征与影响因素——基于大规模专利数据的实证研究[J]. 管理评论,2019,31(8):97－109.
[72] WANG Z N, PORTER A L, WANG X F, et al. An approach to identify emergent topics of technological convergence: a case study for 3D printing[J]. Technological forecasting and social change, 2019, 146: 723－732.
[73] LEE S, CHOI J, SAWNG Y W. Foresight of promising technologies for healthcare-iot convergence service by patent analysis[J]. Journal of scientific & industrial research, 2019, 78(8): 489－494.
[74] 周磊,杨威,王芮. 技术融合视角下新兴技术识别研究[J]. 科技进步与对策,2018,35(15):57－62.
[75] 杜建,孙轶楠,李永洁,等. 从科学－技术交叉处识别创新前沿:方法与实证[J]. 情报理论与实践,2019,42(1):94－99.
[76] 李永洁,杜建,孙轶楠,等. 基于科学技术交叉的神经科学领域内新兴技术识别[J]. 中华医学图书情报杂志,2019,28(1):27－33.
[77] DU J, LI P X, GUO Q Y, et al. Measuring the knowledge translation and convergence in pharmaceutical innovation by funding-science-technology-innovation linkages analysis[J]. Journal of informetrics, 2019, 13(1): 132－148.
[78] LEE C, PARK G, KANG J. The impact of convergence between science and technology on innovation[J]. Journal of technology transfer, 2018, 43(2): 522－544.
[79] KIM K, JUNG S, HWANG J. Technology convergence capability and firm innovation in the manufacturing sector: an approach based on patent network analysis[J]. R & D management, 2019, 49(4): 595－606.
[80] 廖磊. 基于技术融合下的 IT 企业技术创新的动态演化机制[D]. 南昌:江西财经大学,2009.
[81] 毛荐其,李新秀,刘娜. 技术会聚对创新绩效的作用机制研究[J]. 科技进步与对策,2018,35(20):9－14.

[82] 李新秀. 技术会聚的辨识及其对创新绩效的影响[D]. 烟台: 山东工商学院,2018.
[83] 刘娜,荣雪云,毛荐其. 新兴交叉领域技术会聚对技术价值的影响研究——以纳米生物制药领域为例[J]. 技术与创新管理,2019,40(6):728-736.
[84] WU Z, PAN S, CHEN F, et al. A comprehensive survey on graph neural networks[J]. IEEE transactions on neural networks and learning systems, 2020, 32(1): 4-24.
[85] 中国科学报.《2020研究前沿》报告发布[EB/OL].[2020-11-18]. http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2020/11/448506.shtm.

作者贡献说明:

吕璐成:论文框架设计、撰写与修改;

赵亚娟:论文选题,提出修改意见。

Research Review on Technology Convergence Based on Patent Data

Lü Lucheng[1,2] Zhao Yajuan[1,2]
[1] National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190
[2] Department of Library, Information and Archives Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

Abstract: [**Purpose/significance**] Technology convergence research based on patent data is the main way and hot direction of technology convergence research. In order to support following research work of technology convergence, this paper reviews the current research of technology convergence based on patent data. [**Method/process**] According to the research content, the existing research can be divided into six categories: the research on the measurement and prediction method of technology convergence; the measurement and trend prediction of specific field, multi fields and whole field technology convergence; the research on the measurement index of technology convergence; the research on the characteristic factors influencing the technology convergence; the technology opportunity discovery based on the perspective of technology convergence and the research on the relationship between technology convergence and innovation. The research results were also commented. [**Result/conclusion**] Research on technology convergence based on patent data has achieved certain results, but there are still some problems, such as unreasonable measurement basis, lack of validation of prediction methods and low attention of the whole field research. These problems can be solved by introducing semantic relationship to optimize technology convergence network, using GNN technology to improve technology convergence prediction method and improving technology convergence measurement and prediction in the whole field.

Keywords: technology convergence technology fusion patent data technology innovation convergence measurement indicator